Sindoro
CENDIKIA PENDIDIKAN
ISSN: 3025-6488

Vol. 18 No 3
Palagiarism Check 02/234/67/78

PETA PERKEMBANGAN PENELITIAN KEMATANGAN BIOLOGIS ANAK DAN REMAJA: ANALISIS BIBLIOMETRIK DALAM KONTEKS PENDIDIKAN OLAHRAGA

Afdhoris Pradana Putra
Pendidikan Guru Sekolah Dasar Pendidikan Jasmani, Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, Universitas Pendidikan Indonesia
afdhoris23@upi.edu

Abstrak

Kematangan biologis merupakan variabel kunci dalam memahami variasi perkembangan dan performa fisik anak serta remaja, namun literatur terkait masih terfragmentasi dan belum dipetakan secara komprehensif dalam konteks pendidikan olahraga. Penelitian ini bertujuan memetakan struktur konseptual, klaster tematik, dan tren perkembangan riset kematangan biologis periode 2020–2025 untuk mengidentifikasi arah pengembangan keilmuan dan implikasinya terhadap praktik pendidikan jasmani. Penelitian menggunakan desain deskriptif kuantitatif dengan metode analisis bibliometrik terhadap 200 artikel jurnal terindeks Google Scholar yang diseleksi berdasarkan kriteria inklusi. Data dikumpulkan melalui Publish or Perish dan dianalisis menggunakan VOSviewer dengan pendekatan binary counting pada judul dan abstrak. Hasil menunjukkan empat klaster utama dengan *peak height velocity* dan *biological maturation* sebagai simpul paling sentral serta memiliki total *link strength* tertinggi. Visualisasi overlay mengindikasikan pergeseran tren dari fokus pengukuran maturasi menuju implikasi performa fisik dan latihan, sedangkan analisis kepadatan menegaskan dominasi fase pertumbuhan puncak sebagai mediator antara perkembangan biologis dan kapasitas fisik. Disimpulkan bahwa kematangan biologis telah berkembang menjadi landasan strategis pembinaan olahraga berbasis usia biologis, namun integrasi pedagogis masih perlu diperkuat untuk mendukung kebijakan dan praktik pendidikan olahraga berbasis bukti.
***Kata kunci**: Kematangan Biologis, Peak Height Velocity, Pendidikan Olahraga, Analisis Bibliometrik, Performa Fisik.*

Abstract

Biological maturation is a key variable in understanding variations in the development and physical performance of children and adolescents; however, the related literature remains fragmented and has not been comprehensively mapped within the context of sports education. This study aims to map the conceptual structure, thematic clusters, and trends in the development of biological maturation research during the 2020–2025 period to identify the direction of scientific development and its implications for physical education practice. The study used a quantitative descriptive design with a bibliometric analysis method of 200 journal articles indexed in Google Scholar that were selected based on inclusion criteria. Data were collected through Publish or Perish and analyzed using VOSviewer with a binary counting approach on titles and abstracts. The results show four main clusters, with peak height velocity and biological maturation as the most central nodes and having the

Article History
Received: Februari 2026
Reviewed: Februari 2026
Published: Februari 2026

Plagirism Checker No 234

Copyright : Author
Publish by : Sindoro

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

highest total link strength. The overlay visualization indicates a shift in trends from a focus on maturation measurement toward implications for physical performance and training, while the density analysis confirms the dominance of the peak growth phase as a mediator between biological development and physical capacity. It is concluded that biological maturation has developed into a strategic foundation for biologically based sports development, but pedagogical integration still needs to be strengthened to support evidence-based sports education policies and practices.
***Keywords**: Biological Maturation, Peak Height Velocity, Sports Education, Bibliometric Analysis, Physical Performance.*

PENDAHULUAN

Kematangan biologis merupakan proses kompleks yang melibatkan perubahan hormonal, pertumbuhan somatik, dan perkembangan sistem neuromuskular yang berlangsung selama masa anak dan remaja. Perbedaan antara usia kronologis dan usia biologis menyebabkan variasi signifikan dalam kapasitas fisik dan performa olahraga (Malina et al., 2015). Penelitian longitudinal menunjukkan bahwa remaja dengan maturasi dini cenderung memiliki keunggulan sementara dalam kekuatan dan massa tubuh, sedangkan mereka yang mengalami maturasi lambat berpotensi berkembang optimal pada fase akhir pertumbuhan (Lloyd et al., 2014).

Secara fisiologis, fase *peak height velocity* (PHV) menjadi indikator penting dalam menilai status maturasi. Periode ini ditandai oleh akselerasi pertumbuhan tinggi badan yang berkorelasi dengan perubahan komposisi tubuh dan adaptasi neuromuskular (Moore et al., 2015). Estimasi *maturity offset* banyak digunakan dalam konteks olahraga karena dinilai praktis dan noninvasif (Mirwald et al., 2002). Namun, beberapa penelitian terbaru mengkritisi keterbatasan akurasi metode tersebut terutama pada populasi dengan variasi antropometri yang ekstrem (Malina & Kozieł, 2014).

Dalam konteks pendidikan olahraga, kematangan biologis berimplikasi langsung terhadap proses seleksi dan pembinaan atlet usia dini. Fenomena relative age effect menunjukkan bahwa anak dengan maturasi lebih cepat sering kali lebih terpilih dalam sistem kompetitif (Cobley et al., 2009). Kondisi ini berpotensi menimbulkan bias sistemik dan menghambat perkembangan atlet dengan maturasi lambat. Penelitian open access di bidang ilmu olahraga menegaskan pentingnya pendekatan bio-banding sebagai strategi alternatif dalam pengelompokan berdasarkan usia biologis daripada usia kronologis (Cumming et al., 2018).

Selain aspek performa, kematangan biologis juga berkaitan dengan risiko cedera dan kesehatan psikososial. Masa pertumbuhan cepat selama PHV meningkatkan risiko cedera muskuloskeletal akibat ketidakseimbangan perkembangan jaringan tulang dan otot (Johnson et al., 2019). Di sisi lain, maturasi dini pada remaja putri dikaitkan dengan peningkatan risiko gangguan citra tubuh dan tekanan psikososial (Mendle et al., 2010). Hal ini menunjukkan bahwa kematangan biologis tidak hanya berdimensi fisiologis, tetapi juga berdampak multidimensional.

Meskipun kajian empiris mengenai kematangan biologis berkembang dalam berbagai disiplin, literatur masih terfragmentasi. Sebagian penelitian berfokus pada validitas metode pengukuran, sebagian pada implikasi performa olahraga, dan sebagian lainnya pada aspek psikososial. Belum terdapat pemetaan bibliometrik komprehensif yang mengintegrasikan dimensi-dimensi tersebut dalam konteks pendidikan olahraga, khususnya dalam lima tahun terakhir.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan memetakan struktur konseptual, klaster tematik, dan tren perkembangan penelitian kematangan biologis anak dan remaja menggunakan pendekatan bibliometrik. Pemetaan ini diharapkan dapat memperkuat

landasan teoretis serta memberikan arah strategis bagi pengembangan penelitian pendidikan olahraga berbasis usia biologis.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode analisis bibliometrik untuk memetakan perkembangan publikasi ilmiah terkait kematangan biologis anak dan remaja. Analisis bibliometrik dipilih karena mampu mengidentifikasi struktur jaringan konsep serta tren evolusi penelitian secara objektif (Donthu et al., 2021).

Data diperoleh melalui perangkat lunak Publish or Perish (PoP) yang terintegrasi dengan Google Scholar. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci: *"biological maturation", "biological maturity", "peak height velocity", "maturity offset", "children"*, dan *"adolescents"*. Rentang waktu publikasi dibatasi pada periode 2020–2025 untuk menjamin relevansi dan kebaruan tema.

Kriteria inklusi meliputi artikel jurnal peer-reviewed yang membahas kematangan biologis pada populasi anak dan remaja. Studi pada populasi dewasa, artikel tanpa abstrak, serta dokumen non-jurnal dikeluarkan dari analisis. Setelah proses penyaringan dan eliminasi duplikasi, diperoleh sebanyak 200 artikel yang memenuhi kriteria.

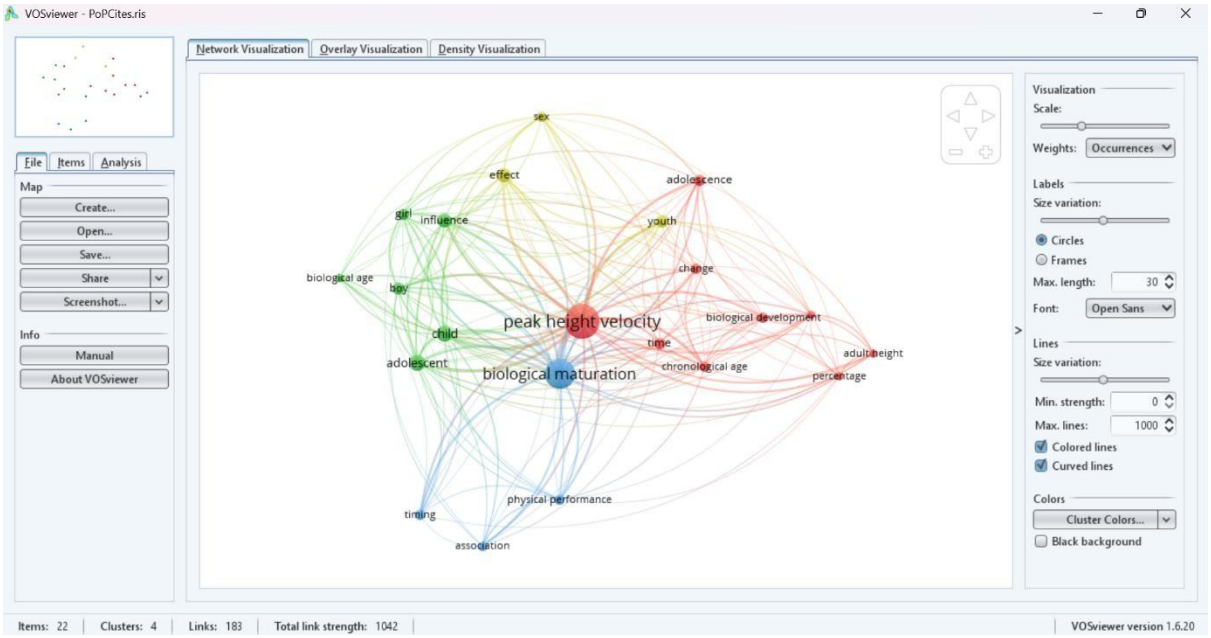
Data bibliografis diekspor dalam format RIS dan dianalisis menggunakan VOSviewer versi terbaru. Proses analisis dilakukan dengan memilih opsi "*Create a map based on text data*" pada field judul dan abstrak. Metode penghitungan istilah menggunakan pendekatan *binary counting* untuk menekankan keberadaan konsep dalam dokumen (Van Eck & Waltman, 2010). Minimum kemunculan istilah ditetapkan ≥5 untuk menjaga relevansi hasil.

Visualisasi dilakukan dalam tiga bentuk, yaitu *network visualization* untuk mengidentifikasi klaster tema, *overlay visualization* untuk menganalisis tren temporal, serta *density visualization* untuk mengukur intensitas dominasi topik. Hasil visualisasi diinterpretasikan secara deskriptif-kritis untuk mengidentifikasi tema sentral dan arah pengembangan riset di bidang pendidikan olahraga berbasis kematangan biologis.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis bibliometrik terhadap 200 artikel periode 2020–2025 menghasilkan struktur jaringan konseptual yang memperlihatkan dinamika dan arah perkembangan penelitian kematangan biologis anak dan remaja dalam konteks pendidikan olahraga. Ekstraksi istilah pada judul dan abstrak menggunakan pendekatan binary counting menghasilkan sejumlah istilah yang memenuhi ambang batas kemunculan dan membentuk empat klaster utama dengan tingkat keterhubungan yang signifikan. Total link strength yang tinggi pada beberapa simpul sentral menunjukkan bahwa penelitian dalam bidang ini telah berkembang secara sistemik dan saling terintegrasi, bukan lagi berdiri sebagai kajian fisiologis yang terpisahi.

Sindoro
CENDIKIA PENDIDIKAN
ISSN: 3025-6488
Vol. 18 No 3
Palagiarism Check 02/234/67/78



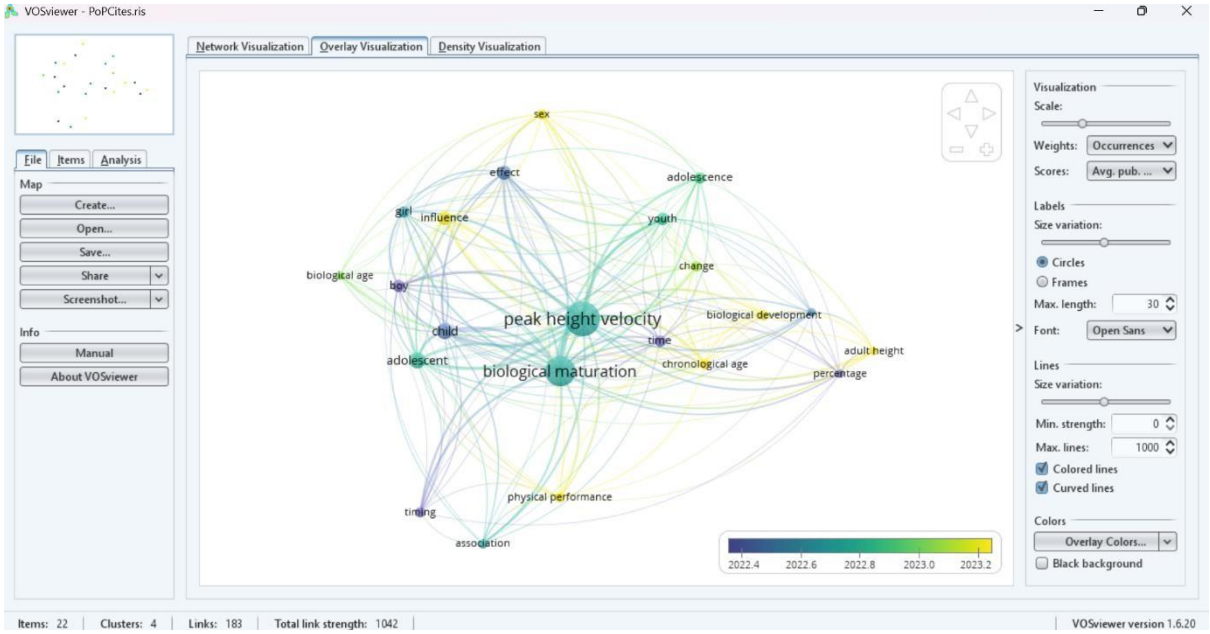
Network Visualization

Berdasarkan visualisasi jaringan pada Gambar 1, terlihat bahwa istilah peak height velocity dan biological maturation menempati posisi sentral dengan ukuran simpul terbesar serta jumlah koneksi terbanyak dibandingkan istilah lainnya. Dominasi kedua konsep ini menunjukkan bahwa literatur terkini memposisikan fase pertumbuhan puncak sebagai indikator kunci dalam memahami variasi perkembangan remaja. Keterkaitan erat antara peak height velocity dengan physical performance mengindikasikan bahwa kematangan biologis tidak hanya dipelajari dalam konteks pertumbuhan somatik, tetapi juga sebagai variabel determinan dalam kapasitas performa fisik. Hal ini memperlihatkan adanya pergeseran paradigma dari pendekatan deskriptif pertumbuhan menuju pendekatan aplikatif dalam sistem pembinaan olahraga.

Struktur klaster yang terbentuk juga memperlihatkan diferensiasi tematik yang cukup jelas. Istilah yang berkaitan dengan chronological age dan adolescent terhubung dalam satu gugus yang menunjukkan bahwa penelitian masih berupaya membandingkan usia kronologis dengan usia biologis dalam menjelaskan variasi kemampuan fisik. Keterhubungan ini menegaskan bahwa problematika pengelompokan peserta didik berdasarkan usia kronologis masih menjadi isu sentral dalam pendidikan olahraga. Sementara itu, klaster yang memuat istilah growth dan biological age menunjukkan orientasi penelitian pada dinamika pertumbuhan selama masa pubertas. Keterkaitan antara istilah-istilah tersebut menegaskan bahwa kematangan biologis dipandang sebagai mediator utama dalam menjelaskan variasi perkembangan fisik remaja.

Klaster lain memperlihatkan hubungan antara physical performance, strength, dan exercise, yang menunjukkan bahwa literatur semakin menempatkan kematangan biologis sebagai dasar dalam memahami adaptasi latihan. Artinya, perbedaan fase maturasi berimplikasi langsung terhadap kapasitas kekuatan, daya tahan, dan respons fisiologis terhadap beban latihan. Temuan ini relevan dengan kebutuhan pendidikan olahraga yang menuntut desain pembelajaran dan pelatihan berbasis diferensiasi biologis. Selain itu, keterkaitan antara body composition dan peak height velocity menunjukkan bahwa perubahan morfologis selama masa pertumbuhan menjadi perhatian penting dalam analisis performa dan risiko cedera.

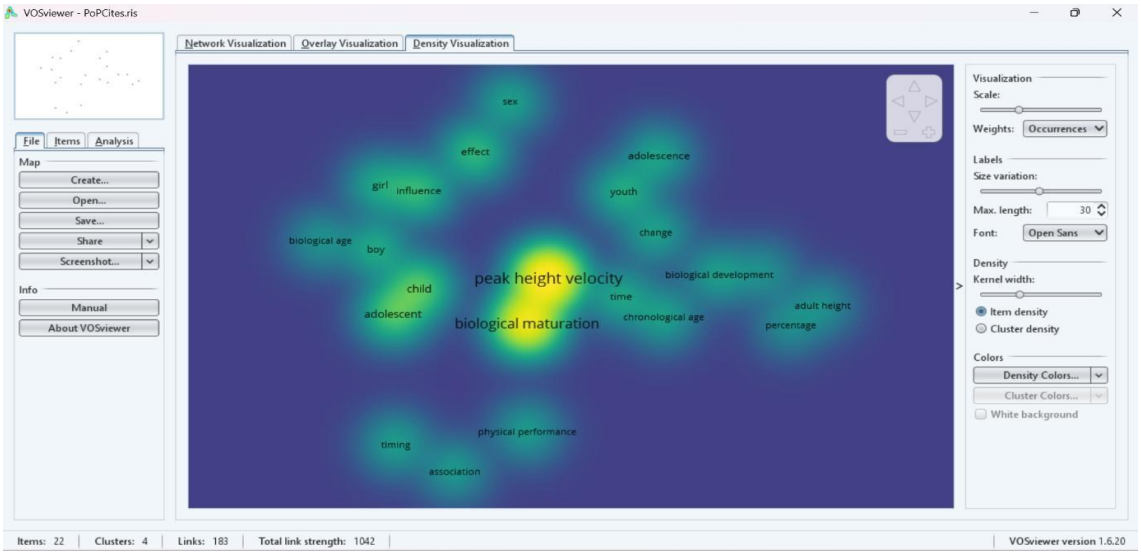
Sindoro
CENDIKIA PENDIDIKAN
ISSN: 3025-6488
Vol. 18 No 3
Palagiarism Check 02/234/67/78



Overlay Visualization

Visualisasi overlay pada Gambar 2 memperlihatkan dimensi temporal perkembangan penelitian. Warna yang lebih cerah pada istilah seperti physical performance, exercise, dan body composition menunjukkan bahwa dalam beberapa tahun terakhir penelitian cenderung berfokus pada implikasi praktis kematangan biologis. Sebaliknya, istilah yang berkaitan dengan pengukuran tradisional seperti chronological age atau pendekatan diagnostik lainnya tampak lebih gelap, mengindikasikan dominasi pada periode awal. Pola ini menunjukkan adanya transformasi orientasi riset dari pendekatan yang berfokus pada pengukuran maturasi menuju pendekatan yang menekankan penerapan hasil pengukuran dalam sistem pembinaan olahraga dan pendidikan jasmani.

Perubahan tren ini mengindikasikan bahwa kematangan biologis mulai diposisikan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam desain program latihan, pengelompokan siswa, serta identifikasi bakat olahraga. Dengan demikian, literatur lima tahun terakhir menunjukkan kecenderungan integratif yang menghubungkan fisiologi pertumbuhan dengan praktik pendidikan olahraga. Pergeseran ini memiliki implikasi strategis karena pendidikan olahraga modern menuntut pendekatan berbasis bukti yang mempertimbangkan variasi individual dalam tempo maturasi.



Density Visualization

Visualisasi kepadatan pada gambar diatas memperlihatkan konsentrasi intensitas tertinggi di sekitar istilah peak height velocity dan biological maturation. Area berwarna paling terang menunjukkan bahwa kedua konsep tersebut merupakan fokus dominan dalam literatur yang dianalisis. Kepadatan yang relatif tinggi juga terlihat pada istilah adolescence dan physical performance, yang mempertegas bahwa penelitian kematangan biologis berpusat pada masa remaja dan implikasi performa fisik. Namun demikian, tidak terlihat kepadatan signifikan pada istilah yang berkaitan dengan implementasi kurikulum atau strategi pedagogis. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan dalam integrasi kematangan biologis ke dalam praktik pendidikan jasmani di tingkat sekolah.

Secara keseluruhan, hasil ketiga visualisasi tersebut menunjukkan bahwa kematangan biologis telah berkembang menjadi variabel strategis dalam penelitian perkembangan remaja dan pembinaan olahraga usia dini. Dominasi peak height velocity sebagai simpul utama memperlihatkan bahwa fase pertumbuhan puncak menjadi indikator sentral dalam menjembatani pertumbuhan somatik dan performa fisik. Namun, kecenderungan literatur yang masih berorientasi fisiologis menunjukkan perlunya penguatan dimensi pedagogis dalam penelitian mendatang. Integrasi asesmen maturasi ke dalam desain pembelajaran pendidikan jasmani berpotensi mengurangi bias seleksi berbasis usia kronologis, meningkatkan motivasi peserta didik, serta meminimalkan risiko cedera akibat ketidaksesuaian beban latihan.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memetakan struktur pengetahuan secara deskriptif, tetapi juga memberikan dasar konseptual bagi pengembangan model pembinaan olahraga berbasis usia biologis. Arah riset ke depan perlu difokuskan pada pengembangan pendekatan diferensiasi biologis dalam kurikulum pendidikan jasmani, studi longitudinal dampak pengelompokan berbasis maturasi terhadap motivasi dan performa, serta integrasi kematangan biologis dalam kebijakan pembinaan atlet usia sekolah. Temuan ini mempertegas bahwa pemahaman terhadap kematangan biologis merupakan elemen kunci dalam reformulasi sistem pendidikan olahraga berbasis bukti ilmiah

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik terhadap publikasi periode 2020–2025, dapat disimpulkan bahwa kematangan biologis, khususnya indikator peak height velocity dan biological maturation, menempati posisi sentral dalam lanskap penelitian perkembangan anak dan remaja dalam konteks pendidikan olahraga. Struktur jaringan menunjukkan keterhubungan kuat antara dimensi pertumbuhan somatik, usia kronologis, komposisi tubuh, dan performa fisik, yang mengindikasikan bahwa kematangan biologis telah berkembang dari sekadar indikator fisiologis menjadi variabel strategis dalam sistem pembinaan olahraga usia dini. Visualisasi temporal memperlihatkan pergeseran orientasi riset dari pendekatan pengukuran maturasi menuju pendekatan aplikatif berbasis performa dan latihan, sedangkan analisis kepadatan mengonfirmasi dominasi kajian pada fase pertumbuhan puncak sebagai mediator utama antara perkembangan biologis dan kapasitas fisik. Temuan ini menegaskan bahwa literatur telah mengakui pentingnya diferensiasi biologis dalam memahami variasi performa remaja, namun integrasi aspek pedagogis dalam praktik pendidikan jasmani masih relatif terbatas.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pendidikan olahraga perlu mengadopsi pendekatan berbasis usia biologis untuk mengurangi bias seleksi akibat pengelompokan berdasarkan usia kronologis semata. Penerapan asesmen kematangan biologis dalam perencanaan beban latihan dan strategi pembelajaran berpotensi meningkatkan efektivitas pembinaan, meminimalkan risiko cedera, serta mendukung perkembangan peserta

didik secara lebih adil dan proporsional. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model pembelajaran pendidikan jasmani berbasis diferensiasi biologis yang teruji secara empiris, melakukan studi longitudinal mengenai dampak pengelompokan berbasis maturasi terhadap motivasi dan performa siswa, serta mengintegrasikan dimensi psikososial dalam analisis kematangan biologis. Dengan demikian, penguatan integrasi antara fisiologi pertumbuhan dan pedagogi olahraga menjadi agenda strategis dalam pengembangan kebijakan dan praktik pendidikan olahraga berbasis bukti ilmiah.

REFERENSI

Cobley, S., Baker, J., Wattie, N., & McKenna, J. (2009). Annual age-grouping and athlete development: A meta-analytical review of relative age effects in sport. *Sports Medicine*, *39*(3), 235–256. https://doi.org/10.2165/00007256-200939030-00005

Cumming, S. P., Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Eisenmann, J. C., & Malina, R. M. (2018). Bio-banding in sport: Applications to competition, talent identification, and strength and conditioning of youth athletes. *Strength and Conditioning Journal*, *40*(2), 34–47. https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000281

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, *133*, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

Johnson, A., Doherty, P. J., & Freemont, A. (2019). Investigation of growth, development, and factors associated with injury in elite schoolboy footballers: Prospective cohort study. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, *5*(1). https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000433

Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Howard, R., De Ste Croix, M. B., Williams, C. A., & Myer, G. D. (2014). Long-term athletic development—Part 1: A pathway for all youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(5), 1439–1450. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000756

Malina, R. M., & Koziel, S. M. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. *Journal of Sports Sciences*, *32*(5), 424–437. https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828850

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho-e-Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(13), 852–859. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623

Mendle, J., Turkheimer, E., & Emery, R. E. (2010). Detrimental psychological outcomes associated with early pubertal timing in adolescent girls. *Developmental Review*, *30*(1), 1–13. https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.08.003

Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(4), 689–694. https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020

Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D., Cameron, N., & Brasher, P. M. (2015). Enhancing a somatic maturity prediction model. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *47*(8), 1755–1764. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000588

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, *84*(2), 523–538. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3